

Cuantificación de la respuesta del caqui al riego y fertilización para el establecimiento de pautas de manejo eficientes y sostenibles

D.S. Intrigliolo (Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC), Campus Espinardo, Murcia).

D.S. Intrigliolo, José Miguel de Pazy y L. Bonet (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Unidad Asociada al CSIC "Riego en la agricultura mediterránea" Moncada, Valencia, España).

C. Ballester (Deakin University, Centre for Regional and Rural Futures (CeRRF), Griffith, Australia).

El cultivo del caqui está ganando relevancia en muchas zonas semiáridas del mundo. Es el caso del sudeste español, donde el régimen pluviométrico es incapaz de suplir las necesidades hídricas de los cultivos y donde, además, el riego por goteo se impone como medio de aportar a las plantas agua y nutrientes. En esta revisión se pretende resumir la información existente en la literatura científica sobre el riego y la nutrición de esta especie, como también sobre la respuesta del cultivo al estrés hídrico. De todo ello se concluye que el caqui es particularmente exigente en agua durante la época estival, momento en el que el coeficiente de cultivo (K_c) alcanza valores próximos a 1. Por otra parte, las técnicas de riego deficitario controlado (RDC) también se han ensayado en este cultivo, revelándose como una herramienta útil para reducir la caída fisiológica del fruto e influir sobre la producción final. Asimismo, una restricción tardía favorece un ligero adelanto de la maduración del fruto, permitiendo avanzar la recolección, si bien a cambio de un menor calibre. En este artículo también se pretende dar referencias respecto de las necesidades nutricionales de variedades astringentes y no astringentes. Por último, se plantea de manera crítica la necesidad de profundizar en el estudio de las relaciones hídricas de esta especie así como en las necesidades nutricionales en condiciones de limitación del recurso.

PALABRAS CLAVE: riego, restricciones hídricas, fertilización.

INTRODUCCIÓN

Los requerimientos hídricos y nutricionales del caqui así como la respuesta de esta especie a las variaciones en su disponibilidad no son frecuentes en la literatura científica. Ello es debido, entre otros motivos, a que este cultivo ha sido particularmente importante en zonas de Corea y China donde el régimen de lluvias es abundante y por tanto el riego no es esencial. Sin embargo, en los últimos 15 años el cultivo del caqui ha ganado importancia en algunas zonas radicalmente diferentes a aquellas, como la cuenca mediterránea, gracias, entre otras causas, a la presencia de la variedad autóctona 'Rojo Brillante', muy productiva, con un fruto de gran calidad y cuya astringencia es sencilla de eliminar (Llácer y Badenes, 2009). Estas áreas, sin embargo, se caracterizan por un déficit hídrico casi estructural, por lo que el riego se revela como una práctica determinante de la productividad del cultivo. Pero además, un manejo eficiente de la fertirrigación no es solo deseable, sino en muchos casos obligatorio dada la hipersensibilidad a la salinidad de esta especie cuando se encuentra injertada sobre *D. Lotus* (Visconti y col. 2017), el portainjertos mayoritario (Foto 1).

En este texto se pretende realizar una sintética y práctica revisión sobre la información hoy en día disponible sobre los requerimientos hídricos y nutricionales del caqui así como su respuesta de esta especie a las restricciones de agua.



Foto 1. Árboles de caqui afectados de fitotoxicidad por cloruros.

Manejo del riego en caqui

La programación del riego en los cultivos viene efectuada frecuentemente utilizando la metodología del balance de agua propuesta por la FAO (Allen y col., 1998). En ella se combina la demanda atmosférica, cuantificada a través de la 'evapotranspiración de referencia' (ET_o), con la especie cultivada y su grado de desarrollo, ambos a través del coeficiente de cultivo (K_c), para dar como resultado el consumo hídrico de un cultivo (ET_c) y por tanto, la cantidad de agua a restituir en el suelo mediante el riego.

Recientes estudios realizados por Kanety y col. (2013) en el norte de Israel, en los que se evaluó la influencia del régimen de riego sobre el crecimiento del árbol, la producción y el uso del agua en la variedad 'Triumph', tuvieron como conclusión que existe una relación directa entre cosecha, crecimiento vegetativo y riego permitiéndoles, por tanto, ofrecer unas pautas de riego propias de esa región productora.

En la Comunidad Valenciana en 2008 tuvo comienzo un estudio para determinar las necesidades hídricas del caqui mediante la utilización de distintas herramientas, como sensores de flujo de savia calibrados mediante intercambio de gases de la cubierta vegetal según la propuesta de Dragoni y col. (2005), complementado con el análisis de la humedad en el suelo mediante el uso de sondas capacitivas multisensor, (Foto

Mes	(K _c)
Marzo	0,20
Abril	0,45
Mayo	0,57
Junio	0,70
Julio	0,90
Agosto	0,96
Septiembre	1,10
Octubre	1,00
Noviembre	0,60

Tabla 1. Coeficientes de cultivo (K_c) propuestos para plantaciones adultas de caqui en las condiciones de cultivo de la Comunidad Valenciana.

2). Los estudios, si bien hoy en día siguen su curso, permiten ofrecer una aproximación a los coeficientes de cultivo (K_c) a emplear en las condiciones de cultivo de la Comunidad Valenciana para la variedad 'Rojo Brillante' injertada sobre *D. Lotus* y que pueden encontrarse en plataformas de difusión de la información como el portal de riegos del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (<http://riegos.ivia.es/>) (Tabla 1).

Respuesta del caqui a las restricciones hídricas

La escasez de agua prácticamente estructural en gran parte de la cuenca del Mediterráneo permite



Foto 2. Flujo de savia y sonda capacitiva multisensor en parcela experimental de caqui.

afirmar que el riego en uno de los factores más limitantes en la expansión y rentabilidad del cultivo del caqui. En condiciones de limitación del recurso, la técnica del riego deficitario controlado (RDC) se ha revelado en muchos cultivos como una estrategia útil que puede permitir a los productores reducir las cantidades de agua aportadas con el riego sin prácticamente ninguna merma productiva (Ruiz-Sánchez y col., 2010). La técnica del RDC fue desarrollada en los años 80 inicialmente como estrategia para reducir el vigor de las plantaciones y ahorrar agua (Chalmers y col., 1981; Behboudian y Mills, 1997). Esta técnica se basa en la aplicación de restricciones de agua únicamente durante el periodo fenológico en el que el cultivo presenta una mayor resistencia al déficit hídrico, en modo en que la producción no se vea afectada, por ello la correcta aplicación de esta estrategia requiere un buen conocimiento de la fisiología del cultivo. En cítricos, por ejemplo, RDC ha sido estudiado en profundidad en un gran número de variedades (García-Tejero y col., 2010; Ballester y col., 2011; 2013). De este modo se han identificado los periodos de mayor sensibilidad al déficit hídrico así como los efectos de este sobre los parámetros vegetativos y reproductivos (Ruiz-Sánchez y col., 2010).

En el caso del caqui, los estudios de RDC son muy recientes pero permiten disponer de una buena aproximación de los efectos de las restricciones hídricas sobre esta especie. Por



Foto 3. Caída fisiológica de flores en caqui.

Mes	K _c
Marzo	0,20
Abril	0,45
Mayo	0,57
Junio	0,40
Julio	0,90
Agosto	0,96
Septiembre	0,70
Octubre	0,70
Noviembre	0,60

Tabla 2. Coeficientes de cultivo (K_c) aplicables en plantaciones adultas de caqui en las condiciones de cultivo de la Comunidad Valenciana en caso de limitación del recurso.

ejemplo, Buesa y col. (2013) y Badal y col. (2013) en un plantación comercial adulta de 'Rojo Brillante' en Valencia, pudieron comprobar que el caqui parece ser una especie sensible al estrés hídrico, ya que este afectaba al calibre final del fruto, si bien los parámetros globales (kg/árbol) no se vieron alterados siempre y cuando la restricción se aplicara en el momento de la caída fisiológica de flores y frutos, (Foto 3). Ello indica que la reducción de las aportaciones hídricas ejercían una clara influencia sobre este proceso. Por lo tanto, es desde mediados de mayo a finales de junio donde el RDC en caqui parece resultar más efectivo siempre que las restricciones hídricas no sean severas, es decir, recortes no mayores al 50% de las necesidades totales o Ψ_{tallo} no inferiores a -1.3 MPa, pudiendo alcanzarse ahorros de hasta un 20% sobre las necesidades totales.

De este modo, tomando como referencia los estudios antes mencionados, pueden establecerse los valores recomendados de coeficientes de cultivo apropiados para la aplicación con éxito del RDC en caqui, (Tabla 2). Complementariamente a lo anterior, cabe añadir que Intrigliolo y col. (2014) concluyeron que una restricción del riego aplicada durante la última fase de crecimiento el fruto puede dar lugar a un adelanto de la maduración, expresado en una coloración comercial más temprana. Asimismo, el déficit aplicado no redundó en ningún efecto sobre el contenido en

	Caqui ⁽¹⁾ 'Rojo brillante' (kg/t)	Caqui ⁽²⁾ 'Fuyu' (kg/t)	Naranja ⁽³⁾ (kg/t)	Cerezo ⁽⁴⁾ (kg/t)	Ciruelo ⁽⁴⁾ (kg/t)
Nitrógeno	0.85	1.25	1.77	8	3
Fósforo	0.39	0.25	0.50	3	1
Potasio	1.42	1.75	3.19	10	5
Calcio		0.125	1.01		
Magnesio		0.06	0.36		

⁽¹⁾Pomares y col (2014, 2015), ⁽²⁾George (2005), ⁽³⁾Haifa (2016), ⁽⁴⁾Agusti (2010)

Tabla 3. Extracción de nutrientes en dos variedades de caqui (astringente y no astringente) y tres especies cultivadas en zonas templadas.

taninos solubles totales en el momento de cosecha ni en la eficacia del tratamiento de eliminación de la astringencia.

Nutrición del caqui

La información disponible en la literatura científica sobre los requerimientos nutricionales del caqui ha estado generalmente centrada en variedades no astringentes cultivadas en países asiáticos como Corea, China o Japón, o bien en Australia o Nueva Zelanda. Valga como ejemplo el estudio australiano realizado por George y col. (2005) en el que la mayor información aportada corresponde a la variedad 'Fuyu'. En el caso de España, Pomares (2014a, 2014b, 2015) ha centrado sus estudios en

la variedad mayoritaria 'Rojo Brillante', permitiendo ofrecer una relación entre la capacidad productiva y los requerimientos nutricionales, (Tabla 3).

El caqui es considerado un cultivo no demasiado exigente en lo que respecta a los macronutrientes nitrógeno (N) y potasio (K) o micronutrientes calcio (Ca) y magnesio (Mg) en comparación con otras especies de zonas templadas (Tabla 3). El sistema radicular del caqui es relativamente débil por lo que requiere un suelo con una buena porosidad para un adecuado desarrollo. Por todo ello, cualquier actuación que mejore la estructura del suelo como, por ejemplo, la aportación de materia orgánica es recomendable para mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes. Lo referido anteriormente tiene mayor

transcendencia si hablamos del patrón *D. Lotus*, debido a su especial debilidad radicular por lo que en suelos compactados y poco profundos la extensión radicular queda muy limitada. Respecto de las dosis recomendadas de materia orgánica, Pomares y col. (2015) recomiendan una aplicación de 20-30 t/ha cada 2-3 años.

Con carácter general, las necesidades en fertilización del caqui varían a lo largo de su ciclo vital, al igual que no se mantienen constantes a lo largo de cada uno de los periodos fenológicos que constituyen una campaña. Existen, por tanto, significativas diferencias en la adecuada nutrición entre las fases de brotación, floración, cuajado, desarrollo del fruto, inducción floral, maduración del fruto o acumulación de reservas (Bellini, 2002).

La fertilización tras la recolección es altamente recomendable para favorecer la creación de reservas que determinarán brotación y floración de la campaña siguiente. La brotación es una fase corta pero intensa (alrededor de 15 días) durante los cuales la energía es producida a partir de las reservas acumuladas durante el año anterior (Hino y col., 1974). Ese es el caso también de las primeras fases de la floración, cuando los órganos reproductivos comienzan a diferenciarse, momento en que es determinante el contenido en carbohidratos y nitrógeno de la madera de 1 año. En definitiva, pequeñas aplicaciones poscosecha de nitrógeno y potasio pueden prevenir la caída prematura de hojas asegurando suficientes reservas en el árbol para un adecuado desarrollo de la campaña posterior (Ullio y Macarthur, 2003).

Después de la brotación es cuando la composición nutricional de los brotes es más variable (Young-Whang Yoon y col., 2014), indicando la existencia de una gran movilización desde los órganos de reserva hacia brotes y hojas. Quince días después de la brotación la actividad

Mes	Nitrógeno (kg N/ha)	Fósforo (kg P ₂ O ₅ /ha)	Potasio (kg K ₂ O/ha)	Magnesio (kg MgO/ha)
Marzo	9	4	6	0.8
Abril	18	8	10	1.2
Mayo	27	12	12	1.6
Junio	36	16	18	2.4
Julio	36	16	37	5
Agosto	36	16	37	5
Septiembre	18	8	30	4
Total	180	80	150	20

Tabla 4. Plan de fertilización para la variedad astringente 'Rojo Brillante' según Pomares y col (2015).

fotosintética comienza (Hino y col., 1974). Este hecho determina el momento idóneo de iniciar la fertilización, que puede por ello retrasarse hasta después de la brotación. Una vez la actividad fotosintética ha comenzado, es recomendable aportar una mayor parte de las necesidades de nitrógeno y fósforo así como parte de las de potasio y magnesio y otros micronutrientes como zinc y manganeso; estos últimos usualmente deficientes en caqui.

Durante la fase productiva, de junio a octubre, debe garantizarse que la plantación recibe una adecuada fertilización en modo de garantizar el correcto crecimiento del fruto. Puede establecerse un ratio de 40 hojas por fruto como referente para garantizar un buen nivel productivo tanto cuantitativo como cualitativo. En este sentido, Pomares y col. (2015) proponen para 'Rojo Brillante' en las condiciones de cultivo de la zona mediterránea el plan de fertilización de la Tabla 4.

Es recomendable, en cualquier caso, realizar un análisis foliar para comprobar si el plan de fertilización es el correcto. Algunos valores de referencia pueden ser un contenido de nitrógeno

en hoja entre 1.8-2.5 % y una relación Ca/N y Ca/K mayor de 1.5 para asegurar una buena calidad del fruto.

Necesidades de investigación

Las investigaciones conducentes a determinar la respuesta del caqui 'Rojo Brillante' al Riego Deficitario Controlado, han puesto de manifiesto la necesidad de profundizar en los mecanismos fisiológicos que afectan a la caída del fruto, dada su repercusión sobre la producción final. Asimismo, sería recomendable que el agricultor dispusiera de alguna herramienta práctica que le permitiera estimar a priori el nivel productivo de la campaña presente, en modo de poder influir sobre este mediante la aplicación de un estrés hídrico.

Otras materias en las que necesariamente la investigación debe dirigir su atención son i) influencia de la fertilización sobre la calidad del fruto y su astringencia; ii) manejo de la salinidad y la fitotoxicidad por cloruros; iii) respuesta del cultivo a los efectos del cambio climático (insuficiencia de horas frío).

BIBLIOGRAFÍA

- Agustí M. 2010. Fruticultura. Mundi Prensa, Spain. P. 507.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper No 56. Rome, Italy.
- Badal, E., El-Mageed, T. A., Buesa, I., Guerra, D., Bonet, L. & Intrigliolo, D. S. (2013). Moderate plant water stress reduces fruit drop of 'Rojo Brillante' persimmon (*Diospyros kaki*) in a Mediterranean climate. Agricultural water management, 119, pp.154-160.
- Ballester, C., Castel, J., Intrigliolo, D.S., Castel, J.R., 2011. Response of 'Clementina de Nules' citrus trees to summer deficit irrigation. Yield components and fruit composition. Agricult Water Manag 98, 1027-1032.
- Ballester, C., Castel, J., Intrigliolo, D.S., Castel, J.R., 2013. Response of 'Navel Lane Late' citrus trees to regulated deficit irrigation: yield components and fruit composition. Irrigation Sci 31:333-341.
- Buesa, I., Badal, E., Guerra, D., Ballester, C., Bonet, L. & Intrigliolo, D. S. (2013). Regulated deficit irrigation in persimmon trees (*Diospyros kaki*) cv. 'Rojo Brillante'. Scientia Horticulturae, 159, 134-142.



- Behboudian, M.H., Mills, T.M., 1997. Deficit irrigation in deciduous orchards. *Hort Rev* 21, 125-31.
- Bellini E. 2002. Cultural practices for persimmon production. In: Bellini E. (ed.), Giordani E. (ed.). First Mediterranean symposium on persimmon. Zaragoza: CIHEAM, 2002. p. 39-52. (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 51). 1. Mediterranean Symposium on Persimmon, 2001/11/23-24, Faenza (Italy).
- California rare fruit growers: <http://www.crfg.org/pubs/ff/persimmon.html>. visited 29/12/2016.
- Chalmers, D.J., Mitchell, P.D., Vanheek, L., 1981. Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. *J Am Soc Hort Sci* 106, 307-312.
- Dragoni D, Lakso AN, Piccioni RM (2005) Transpiration of apple trees in a humid climate using heat pulse sap flow gauges calibrated with whole-canopy gas exchange chambers. *Agr For Meteor* 130: 85-94.
- García-Tejero, I., Romero-Vicente, R., Jiménez-Bocanegra, J.A., Martínez-García, G., Durán-Zuazo, V.H., Muriel-Fernández, J.L., 2010. Response of citrus trees to deficit irrigation during different phenological periods in relation to yield, fruit quality, and water productivity. *Agric. Water Manage* 97, 689-699.
- George A., Nissen B, Broadley R. 2005. Persimmon nutrition: A practical guide to improving fruit quality and production. Department of primary industries, Queensland Horticultural Institute. Centre for subtropical fruits, Maarochoy research station, Nambour Queensland, Australia.
- Haifa. 2016. Nutrition recommendation for citrus. <http://www.haifa-group.com/files/Guides/Citrus.pdf>. Visited 29/12/2016.
- Hino A., Amano S., Sawamura Y., Sasaki S. and Kuraoka T. 1974. Studies on photosynthetic activity in several kinds of fruit trees. II. Seasonal changes in the rate of photosynthesis. *J. Japanese Soc. Horticultural Science* 43(3): 209-214.
- Intrigliolo, D.S. L. Bonet, E. Badal, C. Besada, A. Salvador. 2014. Regulated deficit irrigation of 'Rojo Brillante' persimmon (*Diospyros kaki*) yield, fruit quality and post-harvest performance. *Acta Horticulturae*. 1038: 415-422.
- Kanety T, Naor A, Gips A, Dicken U, Lemcoff JH, Cohen S (2013) Irrigation influences on growth, yield, and water use of persimmon trees. *Irrig. Sci.* DOI 10.1007/s00271-013-0408-y.
- Ooshiro A. and Anma S. 1998. Relationships between number of flowers and the nutrient status of Japanese persimmon tree cv. 'Maekawa Jiro'. *J. Of Japanese Society for Horticultural Science* 67:870-896.
- Pomares F. 2014a. Necesidades nutricionales del cultivo del caqui. *Vida Rural*. 1/marzo/2014; pp. 14-18.
- Pomares F. Gris V., Tarazona F., Estela M. 2014b. Fertilización en el cultivo del caqui: diagnóstico del estado nutricional. *Agrícola Vergel*; pp.189-194.
- Pomares F. Gris V., Albiach ME. 2015. Fertilización. El cultivo del caqui. Generalitat valenciana; pp. 141-175.
- Natali, S., Bignani, C. 1988. Speciale kaki. Relazione presentata al Convegno SOI "Aggiornamento nella coltura del kaki". Faenza.
- Ruiz-Sanchez, M.C., Domingo, R., Castel, J.R., 2010. Review. Deficit irrigation in fruit trees and vines in Spain. *Span J Agric Res* 8: S5-S20.
- Ullio, L., Macarthur, E. 2003. Persimmon growing in New South Wales. *Agfact H3.117*, 3rd edition, NSW Agriculture.
- Visconti, F., Intrigliolo, D.S., Quiñones, A., Tudela, L., Bonet, L. de Paz, J.M. 2017. Differences in specific chloride toxicity to *Diospyros kaki* cv. 'Rojo Brillante' grafted on *D. Lotus* and *D. Virginiana*. *Scientia Horticulturae*. 214:83-90
- Young-Whang Yoon, Seong-Tae C., Doo-Sang P., Chi-Whoong R., Dae-Ho K, Seong-Mo K. 2014. Changes in organic and inorganic nutrients in terminal shoots of 'Fuyu' Persimmon during Spring growth. *Kor.J.Hort.Sci. Technol* 32(3): 279-288.